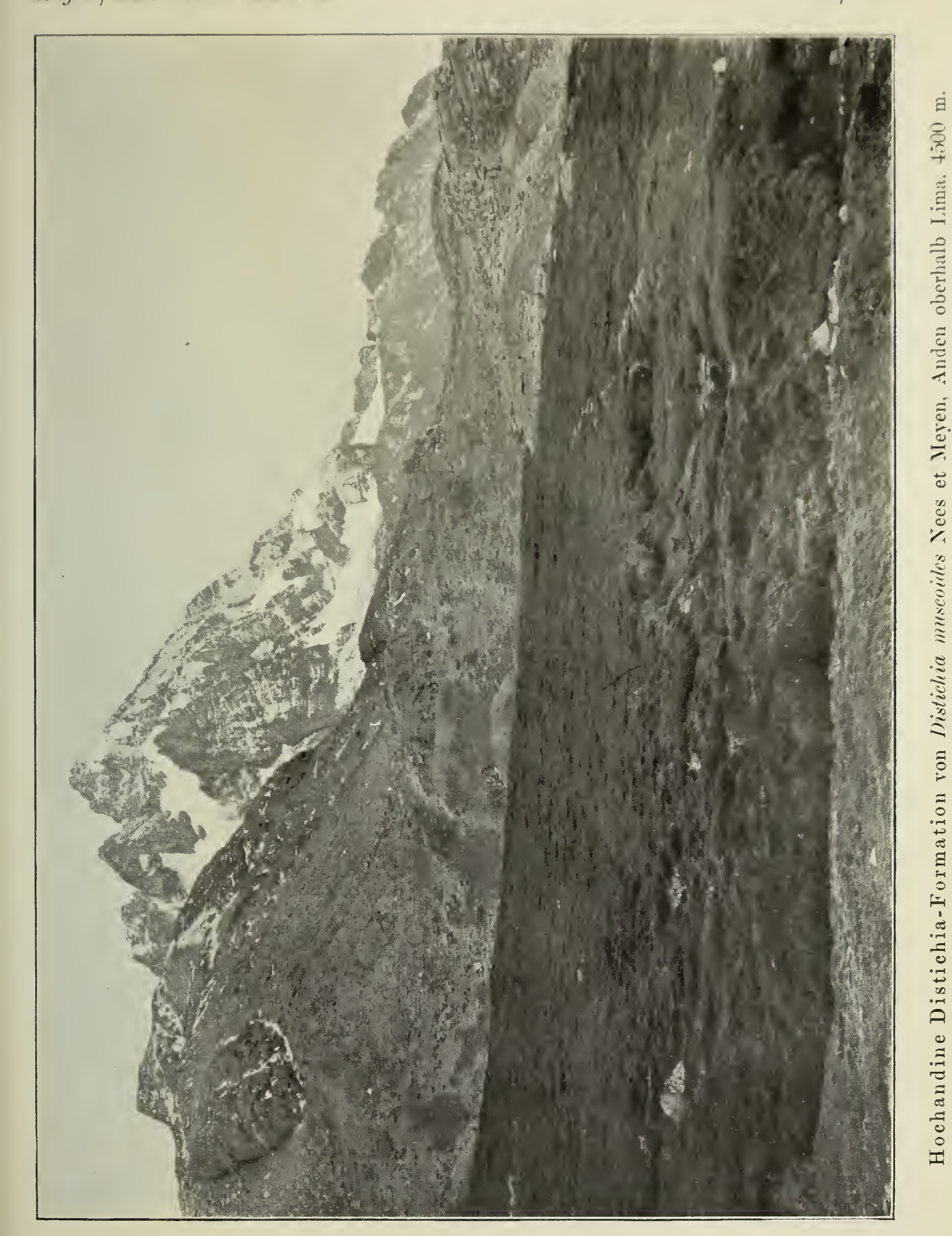


Hochandine Büschelgras-Formation von *Dejeuxia intermedia* Presl, Anden oberhalb Lima, 4500 m.

Phot. A. Weberbauer.

Verlag von Wilhelm Engelmann in Leipzig.



Hochandine Distichia-Formation von *Distichia muscoides* Nees et Meyen, Anden oberhalb Lima, 4500 m.

Phot. A. Weberbauer.

Verlag von Wilhelm Engelmann in Leipzig.

Weitere Mitteilungen über Vegetation und Klima der Hochanden Perus.

Von

A. Weberbauer.

Mit Taf. IV u. V.

Die Untersuchungen, welche ich während der Monate Februar und März des Jahres 1904 in der Umgebung der Silbergrube »Alpamina« ausführte, und über deren Ergebnisse ich in Englers Botan. Jahrb., 37. Bd. 1. Heft 1905 S. 60 ff. berichtete, habe ich nicht an derselben Stelle fortgesetzt, da mir im Jahre 1905 kein Arbeitszimmer überlassen werden konnte. Doch gelang es mir bald in der Nachbarschaft eine andere Arbeitsstätte zu finden: Die Herren Denks und Weiss gewährten mir Unterkunft im Beamtenwohnhaus ihrer Silbergrube »La Tapada«. Es ist mir eine angenehme Pflicht, ihnen auch an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank abzustatten.

Vom Tapada-Hause erreicht man in $1\frac{1}{2}$-stündigem Ritte die Station Ticlio, gelegen am westlichen Eingang des Palera-Tunnels, in welchem die Lima-Oroya-Bahn ihren höchsten Punkt erreicht. Das Tapada-Haus liegt 4700 m ü. d. M. in einem Tälchen, welches sich nur nach Norden öffnet, im übrigen aber von steilen, teilweise felsigen Bergwänden umrahmt wird, die bis zur Höhe von 5000 m ansteigen. Ein schmales Rinnsal durchzieht das wasserarme, fast vegetationslose Tälchen. Doch hatte ich nur eine Viertelstunde talabwärts zu wandern, um in dieselbe hochandine Vegetation zu gelangen, welche ich von Alpamina her kannte. Zweimal ließ ich mich an der Tapada nieder, vom 15. März bis 6. April und vom 23.—29. August des Jahres 1905. Ich setzte meine anatomisch-physiologischen Studien fort an 35 Arten, welche ich früher aus Mangel an Zeit nicht hatte untersuchen können, und richtete mein Augenmerk vor allem auf die Bewohner der hochandinen Moore. Meine früheren Angaben, betreffend die charakteristischen Eigentümlichkeiten im anatomischen Bau der hochandinen Pflanzen fand ich in der zweiten Arbeitsperiode durchaus bestätigt. Zu ausführlicher Darstellung werde ich später Gelegenheit haben. Mein Aufenthalt an

der Tapada diente ferner dem Zweck, Klima und Vegetation der Hochanden-Region auch unmittelbar nach der Regenzeit und später inmitten der Trockenzeit kennen zu lernen.

I. Meteorologie.

A. Niederschläge und elektrische Entladungen.

1905	
12. März	Keine Niederschläge. Meist Sonnenschein.
13. »	Keine Niederschläge. Meist Sonnenschein.
14. »	Keine Niederschläge. Meist Sonnenschein.
15. »	Bis 12 Uhr keine Niederschläge. Dann ununterbrochener Schneefall bis 7 Uhr. Von 5 Uhr an ⚹.
16. »	Morgens 7 Uhr ⚹. Die dünne Schneedecke verschwand im Laufe des Vormittags. Keine Niederschläge.
17. »	Bis 1 Uhr 30 keine Niederschläge. Dann Graupeln eine Viertelstunde lang. Danach keine Niederschläge mehr.
18. »	7 Uhr morgens Reif. Danach keine Niederschläge bis 2 Uhr 30 und bis 1 Uhr 30 enthaltend Sonnenschein. Von 2 Uhr 30 an 3/4 Stunden lang Graupeln und dann Schneefall bis nach 9 Uhr mit kurzer Unterbrechung gegen 6 Uhr. Seit 5 Uhr ⚹.
19. »	7 Uhr morgens ⚹. Der Schnee verschwand im Laufe des Vormittags. Keine Niederschläge. Meist Sonnenschein.
20. »	Keine Niederschläge.
21. »	Bis 2 Uhr keine Niederschläge. Dann stundenlang anhaltende Schneefälle bis 6 Uhr. Von 5 Uhr an ⚹.
22. »	Morgens 7 Uhr ⚹. Während des Vormittags verschwand der Schnee. Keine Niederschläge. Fast ununterbrochener Sonnenschein.
23. »	Keine Niederschläge. Fast ununterbrochener Sonnenschein.
24. »	Morgens 7 Uhr Reif. Bis 1 Uhr 30 keine weiteren Niederschläge. Von 1 Uhr 30 an wiederholt Graupeln. Gegen Abend hörten die Niederschläge auf. 1 Uhr 30 Donner in der Ferne, 3 Uhr 30 Gewitter.
25. »	Morgens 7 Uhr ⚹. Zunächst keine Niederschläge. Später Nebel, dann wiederholte Schneefälle und danach von 2 Uhr an bis gegen 9 Uhr wiederholt Graupeln (zuletzt mit Regen vermischt).
26. »	Morgens 7 Uhr Schnee mit Regen vermischt. Später wiederholt Schneefälle.
27. »	Bis 5 Uhr keine Niederschläge. Von 5 Uhr an Graupeln mit Regen vermischt etwa eine halbe Stunde lang. Danach keine Niederschläge mehr. Um 5 Uhr Donner.
28. »	7 Uhr morgens Nebel und Reif. Danach bis auf 2-maliges (je 1/4 Stunde anhaltendes) Graupeln am Nachmittage (nach 2 Uhr), keine Niederschläge mehr. Um 2 Uhr Donner.
29. »	7 Uhr morgens Reif. Bis 12 Uhr keine weiteren Niederschläge. Von 12 Uhr bis 12 Uhr 30 Graupeln. Von 2—6 Uhr Schneefall fast ohne Unterbrechung. Seit 6 Uhr keine Niederschläge mehr. Von 5 Uhr an ⚹.

1905	
30. März	7 Uhr morgens ∗. Der Schnee verschwand im Laufe des Vormittags. Bis 4 Uhr keine Niederschläge. Danach wiederholt Graupeln und Schneefälle.
31. »	7 Uhr morgens ∗ und Nebel. Der Schnee und Nebel verschwand im Laufe des Vormittags. Bis 4 Uhr keine weiteren Niederschläge. 4 Uhr bis 4 Uhr 30 Graupeln mit Regen vermischt. Danach keine Niederschläge mehr.
1. April	7 Uhr morgens Nebel und Reif. Bis 1 Uhr keine weiteren Niederschläge. Zwischen 1 und 2 Uhr Graupeln während einer Viertelstunde. Danach keine Niederschläge bis 6 Uhr. Um 6 Uhr Graupeln mit Regen vermischt während einer Viertelstunde. Keine Niederschläge bis 9 Uhr Um 9 Uhr Schneefall und Gewitter.
2. »	7 Uhr morgens Nebel und ∗. Der Schnee verschwand gegen 12 Uhr. Bis auf Schneefall von 6—6 Uhr 30 keine weiteren Niederschläge. Um 9 Uhr Wetterleuchten.
3. »	9 Uhr morgens Nebel. Danach keine Niederschläge mehr bis auf Graupeln von 2—2 Uhr 30.
4. »	7 Uhr morgens Nebel. Bis 3 Uhr keine weiteren Niederschläge. Von 3—6 Uhr Graupeln und danach Schnee mit Regen vermischt. Danach keine Niederschläge mehr. Um 3 Uhr Donner.
5. »	Morgens 7 Uhr Nebel. Später wiederholt Graupeln oder Schnee mit Regen vermischt. Von 6—9 Uhr Nebel.
6. »	7 Uhr morgens Nebel. Dann bis 2 Uhr wiederholt Schnee mit Regen vermischt. Zwischen 2 und 3 Uhr Hagel. Dann keine Niederschläge bis 9 Uhr. Um 9 Uhr Nebel.
23. August	Morgens Reif. Von 3,30—4 Uhr schwacher Schneefall. Sonst keine Niederschläge. Von 3 Uhr 30 an wiederholt Donner.
24. »	Morgens Reif. Von 8 Uhr an bis nach Sonnenuntergang wiederholt Graupeln und Schnee mit Regen. Von 7 Uhr nachmittags an ∗. Zwischen 4 Uhr und 7 Uhr Gewitter.
25. »	7 Uhr morgens ∗ und Nebel. Der Schnee verschwand im Laufe des Vormittags. Von 12 Uhr 30 an Graupeln und Schneefälle mit geringen Unterbrechungen bis 5 Uhr 30. Von 5 Uhr 30 an Nebel bis 9 Uhr.
26. »	Morgens Reif. Dann bis 4 Uhr keine Niederschläge. Von 4 Uhr an mit geringen Unterbrechungen bis 9 Uhr Graupeln und dann Schnee mit Regen. Von 5 Uhr 30 an ∗.
27. »	7 Uhr morgens ∗ und Nebel. Von 7 Uhr 30 morgens bis 9 Uhr abends Schneefall mit einer kurzen Unterbrechung um die Tagesmitte. Während des ganzen Tages ∗.
28. »	7 Uhr morgens ∗ und Schneefall bis gegen 12 Uhr mit etwa einstündiger Unterbrechung. Von 12—4 Uhr keine Niederschläge. Von 4 Uhr an Schneefall bis 9 Uhr. Während des ganzen Tages ∗.
29. »	7 Uhr morgens ∗. Bis 3 Uhr keine Niederschläge. Von 3—9 Uhr Schneefall, Graupeln und Nebel mit einstündiger Unterbrechung (von 3 Uhr 30 bis 4 Uhr 30). Während des ganzen Tages ∗.

B. Bewölkung.

(0 = völlig wolkenleerer, 10 = völlig bedeckter Himmel.)

1905	7 Uhr	2 Uhr	9 Uhr	1905	7 Uhr	2 Uhr	9 Uhr
15. März	—	10	10	30. März	5	6	—
16. »	10	10	7	31. »	10	8	9
17. »	10	9	9	1. April	10	9	10
18. »	1	9	10	2. »	10	8	0
19. »	1	4	10	3. »	10	9	4
20. »	8	9	1	4. »	10	8	10
21. »	3	—	10	5. »	10	10	10
22. »	0	2	0	6. »	10	10	10
23. »	0	4	6	23. August	0	5	0
24. »	0	9	5	24. »	7	7	9
25. »	10	10	10	25. »	10	9	7
26. »	10	10	—	26. »	1	—	10
27. »	0	5	0	27. »	10	10	—
28. »	10	8	10	28. »	10	10	10
29. »	1	10	0	29. »	5	2	10

C. Temperatur und Feuchtigkeit der Luft.

t = Temperatur (Celsius) am trocknen Thermometer des Assmannschen Aspirationspsychrometers.
t′ = desgl. am feuchten Thermometer des Assmannschen Aspirationspsychrometers.
e″ = Spannkraft des Wasserdampfes in Millimetern.
Rel. F. = Relative Feuchtigkeit in Prozenten.

1905	7 Uhr				2 Uhr				9 Uhr			
	t	t′	e″	Rel. F.	t	t′	e″	Rel. F.	t	t′	e″	Rel. F.
15. März	—	—	—	—	—	—	—	—	—0,5	—	—	—
16. »	—1	—	—	—	+2	—	—	—	—1	—	—	—
17. »	—0,5	—	—	—	+3	—	—	—	+1	—	—	—
18. »	+1	—	—	—	+8	—	—	—	—1	—	—	—
19. »	+0,5	—	—	—	+6,5	—	—	—	+1,5	—	—	—
20. »	+1	—	—	—	+5	—	—	—	—1,5	—	—	—
21. »	—1	—	—	—	—	—	—	—	—1	—	—	—
22. »	—2	—	—	—	+6,5	—1	2,03	28	+1	—6,5	0,50	10
23. »	—1	—6	1,36	32	+6,5	+0,5	2,74	38	+2	+0,5	4,24	80
24. »	0	—2	3,33	72	+5	+1	3,58	55	+1	0	4,24	86
25. »	—1	0	4,30	100	+3,5	+2	4,77	81	+0,5	0	4,40	93
26. »	—1	—1	4,25	100	—	—	—	—	—	—	—	—
27. »	0	—1,5	3,65	79	+6	+1	3,23	46	+1,5	—0,5	3,83	75
28. »	—2,5	—2,5	3,77	100	+5,5	+0,5	3,07	45	+0,5	0	4,40	93
29. »	—0,5	—1,5	3,79	86	0	0	4,60	100	—2,5	—3,5	3,17	84
30. »	—1	—3	3,03	71	+4,5	+1,5	4,09	65	—	—	—	—

1905	7 Uhr				2 Uhr				9 Uhr			
	t	t′	e″	Rel. F.	t	t′	e″	Rel. F.	t	t′	e″	Rel. F.
31. März	—1	—1,5	3,94	93	+3,5	+2	4,77	81	+0,5	0	4,40	93
1. April	—1	0	4,30	100	+4	+1	3,91	64	—0,5	0	4,45	100
2. »	—1,5	—1,5	4,09	100	+4	+2	4,60	76	+0,5	—0,5	4,12	87
23. August	—	—	—	—	+6,5	0	2,40	33	—1	—3	3,03	71
24. »	—2	—3	3,32	85	+4,5	+0,5	3,41	54	—1	—2	3,62	85
25. »	—2,5	—2,5	3,77	100	+1,5	+0,5	4,41	87	—2,5	—2,5	3,77	100
26. »	—2,5	—3,5	3,17	84	—	—	—	—	—2	—2	3,92	100
27. »	—2,5	—2,5	3,77	100	—2	—2	3,92	100	—	—	—	—
28. »	—3,5	—3,5	3,47	100	—2,5	—2,5	3,77	100	—	—	—	—
29. »	—4	—5	2,77	83	0	—2,5	3,03	66	—	—	—	—

D. Intensität der Sonnenstrahlung.

Infolge anhaltender Bewölkung des Himmels waren nur wenige Tage dazu geeignet, die Intensität der Sonnenstrahlung zu messen.

Ich benutzte ein Radiationsthermometer, d. h. ein Thermometer mit geschwärzter Kugel im Vacuum. Auf einer Bergkuppe von erdigsteiniger, vegetationsloser[1]) Oberfläche wurden 3 weiß gestrichene, je 5 cm breite Holzlatten aufgestellt, welche nach oben etwas divergierten und am oberen Ende mit je einer Einkerbung versehen waren. Eine horizontale Latte, den aufrechten Latten angenagelt, verhinderte eine Verschiebung der letzteren In die Einkerbungen der aufrechten Latten wurde das Radiationsthermometer gelegt; seine Entfernung vom Erdboden betrug $1\frac{1}{2}$ m; seine Achse hatte ostwestliche Richtung; die Kugel wurde vormittags auf die Ostseite, nachmittags auf die Westseite gebracht.

Am 23. August wurde das Thermometer um 8 Uhr 30 ausgelegt und den ganzen Tag über auf dem Gestell belassen.

Ich notierte folgende Beobachtungen:

1 Uhr:

Temperatur (Celsius) am Radiationsthermometer . . . . . . +45°
Desgl. am trockenen Thermometer des Assmannschen Aspirations-
psychrometers . . . . + 7°
Differenz der beiden Temperaturen . . . . 38°
Bewölkung 5

Wetter von 8 bis 1 Uhr: Um 8 Uhr Bewölkung = 0 und Windstille, dann zunehmende Bewölkung und Luftbewegung. Trotz der Bewölkung

1) In den meteorologischen Handbüchern wird zwar empfohlen, das Insolationsthermometer über einer Rasenfläche oder ähnlicher Vegetationsdecke anzubringen. Da aber die Vegetation der hochandinen Region fast stets durch geräumige, unbewachsene Erdflecke unterbrochen wird, und ich meine meteorologischen Beobachtungen zum Zwecke pflanzenbiologischer Forschungen anstellte, glaubte ich jene Forderung vernachlässigen zu dürfen.

überwiegend Sonnenschein. Wind zeitweise heftig, aber auch häufig windstille Momente.

2 Uhr:

Temperatur am Radiationsthermometer	+ 35°
Desgl. am trockenen Thermometer des Assmannschen Aspirationspsychrometers	+ 6,5°
Differenz der beiden Temperaturen	28,5°
Bewölkung	5

E. Bodentemperatur.

Am 23. März 8 Uhr morgens vergrub ich zwei Thermometer an einem ebenen Fleck auf einem schmalen, vegetationslosen Bergkamme. Der Boden war erdig-steinig und gelblich gefärbt. Die Thermometer waren von einer 1—2 cm hohen Erdschicht bedeckt. Das eine hatte keine andere Hülle als sein Hartgummifutteral, bei dem anderen wickelte ich um das Futteral noch einen wollenen Lappen.

Um 2 Uhr und 3 Uhr wurde an der Beobachtungsstelle die Lufttemperatur gemessen und zwar mit dem trockenen Thermometer des Assmannschen Aspirationspsychrometers.

Dasselbe zeigte um 2 Uhr	+ 6,5°
um 3 Uhr	+ 7,5°

Um 3 Uhr 15 grub ich die beiden Thermometer aus.

Das mit Wolle umwickelte zeigte	+ 19°
das andere	+ 17,5°

Die Erwärmung des Bodens über die Lufttemperatur betrug somit 12°.

Die beiden Thermometer wurden nunmehr wiederum vergraben und bis zum nächsten Morgen an ihrer Stelle belassen.

Am 24. März 7 Uhr morgens zeigte das trockene Thermometer des Assmannschen Aspirationspsychrometers die Lufttemperatur von 0°.

Um 7 Uhr 30 wurden die beiden Thermometer ausgegraben.

Das mit Wolle umwickelte zeigte	+ 0,5°
das andere	+ 1°

Die Bodentemperatur war somit 0,5° höher als die Lufttemperatur, also sehr wenig von dieser verschieden.

Hierzu ist folgendes zu bemerken:

1. Am 23. März 9 Uhr abends war der Himmel zu einem großen Teile mit Wolken bedeckt (Bewölkungsziffer 4) und somit die nächtliche Wärmeausstrahlung des Bodens zunächst beschränkt.
2. Am Morgen des 24. März herrschte wolkenleerer Himmel, und die Sonne wirkte in der Zeit von ihrem Aufgange bis 7 Uhr 30 bereits erwärmend auf den Boden.

Aus den meteorologischen Beobachtungen habe ich als Ergänzung meiner früheren Angaben nur wenige Punkte hervorzuheben.

Im Monat März pflegen in der hochandinen Region Zentralperus eine Abnahme der elektrischen Entladungen, der relativen Luftfeuchtigkeit, der Niederschläge und der Bewölkung zu beginnen. Meine Beobachtungen aus der Zeit vom 15. März bis 6. April 1905 dürften dieser Regel entsprechen.

Unter 26 Tagen befanden sich 6 Tage mit elektrischen Entladungen und 8 ohne Niederschläge. Die relative Luftfeuchtigkeit betrug in 6 unter 32 Beobachtungsfällen weniger als 50 %. Unter den 65 Beobachtungen der Bewölkungstabelle verzeichnen 17 eine Bedeckung des Himmels zu weniger als der Hälfte, darunter 8 völlig freien Himmel.

Während des Monats August erreicht für gewöhnlich auf den Hochanden Zentralperus die Trockenzeit ihren Höhepunkt. Vom 23.—29. August des Jahres 1905 fielen jedoch täglich Niederschläge, und vom Abend des 26. bis über den 29. hinaus blieb die unmittelbare Umgebung des Tapadahauses mit Schnee bedeckt. Personen, welche seit vielen Jahren in jener Gegend wohnen, versicherten mir, daß zwar der Winter des Jahres 1905 außergewöhnlich reich an Niederschlägen war, andererseits aber in nur sehr wenigen Wintern die Niederschläge mehrere Wochen hinter einander ausbleiben. Für die Insolation, die Erwärmung des Bodens und seine Erkaltung durch nächtliche Ausstrahlung hätte ich wahrscheinlich höhere Werte gewonnen, wenn mir günstigere Tage für diese Messungen zur Verfügung gestanden hätten.

II. Botanischer Teil.

Wiewohl dieser Abschnitt sich in erster Linie auf Zentralperu bezieht, so gilt doch das darin Gesagte in der Hauptsache für die gesamte Hochandenregion Perus; allerdings ist das Hochandenklima im Norden feuchter, im Süden trockener als im zentralen Teile des Landes.

Periodizität und Lebensdauer in der hochandinen Vegetation.

Schon in meiner früheren Arbeit (l. c. S. 80 und 81) habe ich darauf hingewiesen, daß die jahreszeitlichen Gegensätze keine schroffen sind.

Als ich im Jahre 1905 während der zweiten Augusthälfte, also in einer Zeit, wo die Trockenperiode ihren Höhepunkt zu erreichen pflegt, die hochandine Region in der Umgebung des Tapadahauses aufsuchte, fand ich jene Ansicht, die sich auf frühere Reiseeindrücke gründete, durchaus bestätigt: Ein ausgeprägter, allgemeiner Ruhezustand der Pflanzenwelt war nicht vorhanden. Die Gesamtfarbe der Pflanzendecke war allerdings keine so frische wie während der feuchten Sommermonate, sondern (von den sumpfigen Stellen abgesehen) fahler, vorherrschend gelblich bis bräunlich grün. Dieser Gesamteindruck beruhte aber, wie die genauere Betrachtung der einzelnen Pflanzen ergab, hauptsächlich darauf, daß die verdorrten Blätter weit zahlreicher waren als die lebenden, nament-

lich bei den Gräsern. Auch jetzt noch vollzog sich die Neubildung von Blättern bei den allermeisten Arten. Sie war an trockenen Stellen natürlich keine so reichliche wie im Sommer, auf sumpfigem Boden aber nahezu die selbe.

Weit mehr als die vegetativen Organe zeigten sich die reproduktiven von dem Wechsel der Jahreszeiten beeinflußt: Wenngleich noch viele Arten blühend angetroffen wurden, waren doch die allermeisten verblüht und im Zustand der Samenreife.

Wie bereits erwähnt, war der Winter des Jahres 1905 außergewöhnlich reich an Niederschlägen. Aber auch geringere Niederschlagsmengen können in der hochandinen Pflanzenwelt viel beitragen zur Verlängerung der Vegetationsperiode; denn nur kurz sind die Leitungsbahnen dieser Zwergpflanzen, und eine weitgehende Ausnutzung der Niederschläge wird durch deren Form begünstigt: reine Regen sind selten, fast immer befinden sich die Niederschläge in gefrorenem oder halb gefrorenem Zustande; im Gegensatz zu dem rasch abfließenden Regenwasser werden aber Schneeflocken und Hagelkörnchen von den Rasen und Polstern leicht festgehalten und während des Auftauens allmählich aufgesogen. Überdies schmilzt an den bewachsenen Stellen der Schnee viel langsamer als auf den nackten Erdflecken, weil jene sich in der Sonne langsamer erwärmen als diese.

Meine früheren Angaben über die Lebensdauer der hochandinen Gewächse seien durch eine kleine Beobachtung ergänzt, welche ich im August 1905 an zwei Umbelliferen machte, nämlich an *Oreomyrrhis andicola* und einer *Oreosciadium*-Art. Diese Pflanzen sterben ab, sobald ihre Samen reifen und zwar, wie ich deutlich feststellte, auch in den unterirdischen Teilen. Neben den mit reifen Früchten besetzten abgestorbenen Individuen sah ich aber andere in voller Lebenskraft, in den verschiedensten Stadien der Fruchtbildung, ja sogar auch noch blühende. So verschieden verhalten sich also die Individuen ein und derselben Art hinsichtlich der Lebensdauer, und so gering ist die Abhängigkeit der letzteren von dem Wechsel der Jahreszeiten, daß die Bezeichnungen »einjährig«, zweijährig« usw. hier unbrauchbar werden.

Die hochandinen Formationen.

Die Höhenlage von 4300—4600 m ü. d. M. ist die geeignete Region zum Studium dieser Formationen. Bei 4600 m beginnt eine Verarmung der Vegetation, welche mit zunehmender Höhe rasch fortschreitet, und zwischen 4000 und 4300 m herrscht zwar noch die hochandine Flora, aber die Formationen sind nicht ganz so scharf geschieden wie dort.

Die Polster- und Rosettenpflanzen-Matte

scheint von allen hochandinen Formationen die artenreichste zu sein. Sie besetzt ebenes oder doch wenig geneigtes Gelände von erdiger bis leicht

steiniger Bodenbeschaffenheit und mittlerer Feuchtigkeit. Die Kräuter dominieren, daneben finden sich einige niederliegende Sträucher. Hochwüchsige Büschelgräser und aufrechte Sträucher fehlen oder treten nur sehr vereinzelt auf. Bei fast allen Pflanzen bleiben die oberirdischen Teile dicht an der Bodenoberfläche, d. h. deutlich erkennbare Stämme, Stengel oder Blütenstiele werden nur von wenigen Arten gebildet, und wo sie vorkommen, wachsen sie nicht aufrecht, sondern schmiegen sich an die Erde; ganz ähnlich liegen die biologischen Verhältnisse bei den sonderbaren Polstern der *Azorella*-Arten, der *Valeriana* (§ *Arctiastrum*) *Aschersoniana*, der *Lucilia* (§ *Merope*) *aretioides*. Zwar wölben sich diese Polster so hoch empor, daß sie oft die Form von Halbkugeln oder Kegeln annehmen, aber ihr humusreiches Innere ist ein dem bewachsenen Boden analoges Medium, denn an ihrer Oberfläche drängen sich die Rosetten zu einem festen Panzer zusammen, welcher kräftigen Spatenstichen zu trotzen vermag.

Allenthalben wechseln bewachsene Stellen mit nackten Erdflecken ab, und oft nehmen letztere einen größeren Flächenraum ein als erstere. In eigentümlichem Gegensatz zu diesem Überfluß an unbesetzten Plätzen steht das dichte Gewirr, zu welchem sich die Pflanzen an den bewachsenen Flecken zusammendrängen. Polsterförmig oder rasenartig wachsende Pflanzen sieht man im Kampfe mit fremdartigen Elementen, welche sich zwischen den Stämmchen der ersteren ansiedeln. Bewachsene Stellen gewähren offenbar für die Keimung der Samen und für die erste Entwicklungszeit des Keimpflänzchens günstigere Bedingungen als unbewachsene und halten überdies viele Samen und Früchte fest, welche vom Winde getragen oder vom Wasser fortgeschwemmt werden. Durch den Wechsel von nacktem und bewachsenem Boden und durch die mannigfaltigen Blattfarben der Vegetationsdecke, in welcher sich unter reines Grün das Gelbgrün gewisser *Arenarien* und die verschiedenen grauen Töne der *Lucilien*, *Pycnophyllen* und *Geranien* mengen, erhält die Formation ein eigenartig scheckiges Aussehen. Auf diese matten Töne aber beschränkt sich der Farbenwechsel im Vegetationsbilde: es fehlt der Blumenschmuck, weil kleine unscheinbare Blüten vorherrschen, und die größeren und lebhaft gefärbten so zerstreut auftreten, daß sie kaum zur Geltung kommen. Stellenweise erinnert diese Matte mit ihrem winzigen Laubwerk an einen Moosteppich, und offenbar dürfen manche hochandine Pflanzen nicht nur wegen ihrer Tracht, sondern auch wegen ihrer biologischen Eigentümlichkeiten mit Moosen verglichen werden: Arten von *Arenaria* und *Pycnophyllum* zeigen nur geringe Gewebedifferenzierueg in ihren Blättern und scheinen ferner sehr leicht einzutrocknen, aber ebenso leicht wieder Wasser aufzunehmen. Vielleicht ähnelt diese Formation in ihrer Physiognomie der arktischen Tundra. Indessen spielen Moose und Flechten, welche an der Zusammensetzung der arktischen Vegetation so hervorragend beteiligt sein sollen, in der hochandinen Matte eine untergeordnete Rolle. Sorgfältiges Suchen ist erforder-

lich, um hier und da ein Moos zu entdecken, und wo der Pflanzenteppich eingestreute Flechten enthält, sind es Schüppchen, welche auf dem Erdboden kleine, versteckte Krusten bilden, oder winzige, an *Cetraria* erinnernde Formen, oder schmächtige weißliche Fäden, welche der *Thamnolia vermicularis* gleichen.

Die Büschelgras-Formation (Taf. IV).

Abhänge von erdiger bis erdig-steiniger Bodenbeschaffenheit, nicht selten von beträchtlicher Steilheit, bewohnt diese Formation, welche in den Hochanden Perus ungeheure Flächen einnimmt. Die charakteristischen Elemente sind die kräftigen, etwa halbmeterhohen, durch beträchtliche Zwischenräume gesonderten Büschel verschiedener Gräser. Alle diese hochwüchsigen Puna-Gräser bezeichnet der peruanische Indianer mit dem Worte »ichu«. Eines der häufigsten ist *Deyeuxia intermedia* Presl. Auch in der Büschelgrasformation ist die Vegetation lückenhaft, sind nackte Erdflecke häufig. Neben den Büschelgräsern tritt ein großer Teil derjenigen Flora auf, welche die Polster- und Rosettenpflanzenmattte bewohnt, doch ist die letztere artenreicher. Auch andere stengelbildende Kräuter als die genannten Büschelgräser, ferner aufrechte Sträucher kommen vor, beide aber weniger häufig als in der Vegetation der später zu besprechenden Steinfelder und Felsen.

Das hochandine Moor oder die Distichia-Formation (Taf. V).

Nur ebenes oder sehr wenig geneigtes Gelände gewährt den dauernd nassen Untergrund, auf welchen diese Formation angewiesen ist. So sieht man dieselbe häufig in der Nachbarschaft von Seen, und mancher See mag im Laufe der Zeiten durch Moor verdrängt worden sein. Auch an den langsam fließenden Bächen kommt die *Distichia*-Formation vor, ebenso oft wie diese aber die typische Polster- und Rosettenpflanzenmatte. Im Gegensatz zu den übrigen Formationen ist die Vegetation des hochandinen Moores lückenlos geschlossen und fehlen demselben die Büschelgräser und die Sträucher, aufrechte sowohl wie niederliegende. Bemerkenswert ist auch, daß die Cyperaceen eine sehr untergeordnete Rolle spielen und vielfach überhaupt nicht vertreten sind. Die tonangebenden Gewächse sind Arten der Juncaceen-Gattung *Distichia*, vor allem wohl *Distichia muscoides* Nees et Meyen. Diese Distichien bilden stark gewölbte Kissen, und hierdurch erhält das Moor eine wellige Oberfläche. Die Vertiefungen zwischen den Kissen werden von einer Sumpfvegetation eingenommen, welche bald frei zu Tage liegt, bald in Wasserlachen untergetaucht ist. Die Kissen selbst sind so fest, daß es schwer hält, einen Spaten hineinzutreiben, und daß man, von Kissen zu Kissen springend, das Moor fast trockenen Fußes überschreiten kann. Ähnlich wie die *Sphagnum*-Polster unserer Torfmoore wachsen die *Distichia*-Kissen allmählich in die Höhe, während

sie an ihrer Basis sich in den Torf verwandeln. Dieser Torf, die sogenannte champa, liefert den indianischen Hirten und Grubenarbeitern wertvollen Brennstoff. Der Wechsel der Jahreszeiten macht sich an diesen Mooren noch weniger bemerkbar als an den übrigen Formationen: fast unverändert erhält sich das saftige Grün der Blätter, und mehrere Arten scheinen hier das ganze Jahr hindurch zu blühen. Die festverflochtenen Zweige des *Distichia*-Kissens lassen für andere Pflanzen wenig Raum. Nur einige Rosettenpflanzen mit spärlicher Verzweigung und einige schmächtige Kräuter mit kriechenden, dünnen Rhizomen behaupten sich hier. Etwas größer ist die Artenzahl außerhalb der Kissen, in den Vertiefungen des Moores. Hier finden sich neben Phanerogamen auch einige Schizophyceen, Algen und Moose (aber nur sehr selten *Sphagnum*!). Da sich in den Vertiefungen oft Wasser ansammelt, überrascht es nicht, daß jene Pflanzen großenteils Übergangsformen zwischen Landbewohnern und Wasserbewohnern darstellen.

Die Vegetation der Felsen und Steinfelder.

Vier Vegetationsformen sind es, welche steinige oder felsige Orte bevorzugen und hier häufiger anzutreffen sind als anderwärts: die Flechten, die Farne, die aufrechten Sträucher und die stengelbildenden Kräuter.

Unter den Flechten herrscht der Krustentypus entschieden vor; es zeichnet sich durch seine Häufigkeit namentlich eine Art aus, welche unserm *Rhizocarpon geographicum* gleicht. Ein Beispiel für andere Thallus-Formen bieten die *Gyrophora*-Arten. Wiederholt beobachtete ich, daß auf den Eruptivgesteinen die Flechtenformationen sich üppiger entwickeln als auf dem Kalk, woselbst sie mitunter gänzlich fehlen. Die Farne werden durch 3—5 zwergige Arten vertreten. Neben den niederliegenden Sträuchern, welche in den vorher besprochenen Formationen erwähnt wurden, finden sich hier auch mehrere aufrechte. Dieselben gehören größtenteils zu den Compositen (z. B. *Chuquiragua rotundifolia*) und überschreiten selten die Höhe eines halben Meters. Als relativ riesiges, aber selteneres Holzgewächs habe ich schon in meiner früheren Arbeit (l. c. S. 70) eine *Polylepis*-Art erwähnt, welche 2 m hoch wird und, als Strauch, mitunter fast als Baum auftretend, an steinigen oder felsigen Stellen noch bei 4500 m ü. d. M. gedeiht. Von den früher besprochenen Formationen enthalten zwei, nämlich die Matte und das Moor, nur selten Kräuter mit ausgeprägter Stengelbildung; wo Stengel vorkommen, pflegen sie nur geringe Länge zu erreichen, nur kurze Internodien aufzuweisen, nicht vollkommen aufrecht zu wachsen, kurz in ihrer ganzen Tracht von typischen Organen dieser Art abzuweichen und sich dem Rosettenstamm oder dem Rhizom zu nähern. Häufiger und ausgeprägter findet man die Stengelbildung, namentlich auch den aufrechten Wuchs der Stengel, in der Büschelgrasformation, so z. B. bei den Büschelgräsern selbst; diese bewohnen übrigens stellenweise auch Steinfelder und, wenngleich seltener, Felsen. An den beiden letztgenannten

Standorten erreicht die Artenzahl der Stengelkräuter ihren Höhepunkt. Nicht nur bei den Gräsern, sondern auch bei den dikotylen Kräutern entsteht gewöhnlich an ein und demselben Individuum eine große Zahl von Stengeln, welche zu einem Büschel zusammengedrängt sind, dessen Dichtigkeit und Umfang noch gesteigert werden kann durch reichliche Produktion von Grundblättern. Diese Zusammendrängung der Stengel zu Büscheln erinnert an die Zusammendrängung der rosettenförmigen Sprosse zu Rasen oder Polstern.

Von größter Wichtigkeit für die Beurteilung der Vegetationsverhältnisse in den Hochanden und wahrscheinlich in den Hochgebirgsregionen überhaupt ist die Tatsache, daß auf Felsen und Steinfeldern die Vegetation höher hinaufzieht als auf erdiger Unterlage. In den verschiedensten Gegenden Hochperus beobachtete ich immer wieder diese Erscheinung. Bei 4600—4700 m verschwindet der Pflanzenwuchs auf erdiger Unterlage und zwar auch da, wo keine Gletscher in der Nähe sind. Weite von Erde bedeckte Flächen sieht man jeglicher Vegetation entbehren, obgleich diese Erde locker und, wenigstens während der Sommermonate, fast beständig feucht ist. Mehr an Ackerland, welches mit der Egge bearbeitet wurde, als an eine Wüste erinnern diese nackten Erdflächen, in welche das Schmelzwasser des Schnees ein Netz feiner Furchen zieht. An Felsen dagegen traf ich noch bei 5100 m Vegetation und zwar nicht nur Flechten, sondern auch mehrere Arten von Phanerogamen. Allerdings überschreiten die allermeisten Phanerogamen der hochandinen Flora auch auf felsiger Unterlage nicht die Höhenlinie von 4600 m. Daß in Höhen, wo die Phanerogamen schon sehr selten sind, die Krustenflechten noch in beträchtlicher Menge auftreten und so Flechtenformationen zustande kommen, habe ich oft beobachtet, doch bezweifle ich, daß allenthalben über der oberen Phanerogamengrenze noch eine Flechtenregion liegt. Auf dem fast erloschenen Vulkan Misti, welcher bei der südperuanischen Stadt Arequipa liegt, erreichte ich den Gipfel und damit eine Höhe von 5900—6000 m. Bei 5100 m verschwanden die Phanerogamen und mit ihnen jegliche Vegetation, auch die Flechten. Nun wandert man allerdings beim Aufstieg zum Mistigipfel zuletzt über Sand und feinen Steinschutt, und es bleibt immerhin die Möglichkeit offen, daß felsiger Untergrund, der stellenweise vorkommen dürfte, andere Vegetationsverhältnisse darbietet.

Die hochandine Vegetation in ihrer Abhängigkeit von den Temperaturverhältnissen.

Oft ist xerophile Struktur als ein wesentliches Merkmal der Hochgebirgspflanzen bezeichnet worden unter Hinweis auf die austrocknenden Wirkungen des Höhenklimas. Bei meinen Untersuchungen (l. c.) gelangte ich zu Ergebnissen, welche mit jener Auffassung nicht in Einklang stehen:

In den Hochanden Zentralperus sind die meisten Pflanzen nicht xerophil gebaut, und werden die austrocknenden Wirkungen des Höhenklimas wenigstens während der Vegetationszeit stark eingeschränkt durch die reichlichen Niederschläge und die anhaltende Bewölkung. Wäre die Gefahr des Vertrocknens so groß, dann müßte man erwarten, daß die feuchtesten Standorte auch die meisten Arten und die kräftigsten Formen beherbergen, und daß auf feuchtem Boden die Vegetation höher hinaufsteigt als anderwärts. Die hochandinen Pflanzenformationen bieten aber kein derartiges Bild: das hochandine Moor enthält weniger Arten als die Polster- und Rosettenpflanzenmatte und nichts von jenen kräftigeren Formen, welche in ihrer Tracht an tiefere Regionen erinnern, wie Sträucher, Büschelgräser und andere Stengelkräuter; dieselben wachsen vielmehr vorzugsweise an trockenen Abhängen, Steinfeldern und Felsen; auf steinigem Untergrund liegt die Vegetationsgrenze höher als auf reichlich befeuchteter Erde. Die Erklärung dieser Erscheinungen hat meines Erachtens von den Wärmeverhältnissen des Bodens auszugehen. Durch die niedrigen Bodentemperaturen werden so viele Pflanzen vom Moore ferngehalten, während die zeitweilig starke Erwärmung der Felsen einen günstigen Faktor für die Vegetation darstellt. Daß die Bodenwärme in diesen Höhen eine wichtige Rolle spielt, darauf deutet auch die früher (l. c.) besprochene Erscheinung der horizontalen Wurzeln. Auch zwischen der eigentümlichen Tracht der Hochgebirgspflanzen und den Temperaturverhältnissen dürfte eine engerer Zusammenhang bestehen, als vielfach angenommen wird.
